



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΡΟΚΟΥ ΚΟΖΑΝΗΣ (*Crocus sativus* L.)**  
**ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΨΩΜΙΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
**ΜΑΝΩΛΑ ΕΛΕΝΗ**

**ΒΟΛΟΣ, 2021**

**Μελέτη της επίδρασης του κρόκου Κοζάνης (*Crocus sativus* L.) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού.**

**Study of the effect of *Crocus sativus* L. on the quality characteristics of bread.**

**Μανώλα Ελένη**

**Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής**

**ΒΕΛΛΙΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

Επίκουρος Καθηγητής Φυτοπαθολογίας και Σύγχρονων Μεθόδων Διαγνωστικής, στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών, στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

**ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ ΠΕΡΣΕΦΟΝΗ**

Επίκουρος Καθηγήτρια Τεχνολογίας και Ποιοτικού Ελέγχου Τροφίμων Φυτικής Προέλευσης, στη Σχολή Επιστημών Υγείας, στο τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

**ΚΑΡΚΑΝΗΣ ΑΝΕΣΤΗΣ**

Επίκουρος Καθηγητής Ζιζανιολογίας, στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών, στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ»

## **Ευχαριστίες**

Ολοκληρώνοντας την συγγραφή της πτυχιακής διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βέλλιο Ευάγγελο για την υποστήριξη και την ευκαιρία πραγματοποίησης αυτής της πτυχιακής διατριβής, την κα. Γιαννούλη Περσεφόνη για την πολύτιμη καθοδήγηση της, καθώς και τον κ. Καρκάνη Ανέστη για την σημαντική συμβολή του στην συγκεκριμένη μελέτη.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	vii
Abstract .....	viii
Εισαγωγή.....	9
1. <i>Crocus sativus</i> L.....	9
1.1. Ιστορική Αναδρομή .....	9
1.2. Συστηματική Κατάταξη και Μορφολογία .....	10
1.3. Χημική σύσταση στιγμάτων του κρόκου Κοζάνης .....	11
1.4. Καλλιέργεια του <i>Crocus sativus</i> L. ....	12
1.5. Θεραπευτικές Ιδιότητες .....	9
2. Ψωμί.....	16
2.1. Ιστορία του ψωμιού .....	17
2.2. Κυριότερα μακρομόρια ψωμιού .....	18
2.2.1. Άμυλο .....	18
2.2.2. Γλουτένη .....	19
2.3. Παρασκευή ψωμιού .....	20
2.4. Καινοτομίες στο ψωμί.....	21
Σκοπός .....	22
Υλικά και Μέθοδοι .....	23
3.1. Υλικά .....	23
3.1.1. Αποξηραμένος κρόκος Κοζάνης .....	23
3.1.2. Παρασκευή Ψωμιού .....	24
3.2. Μέθοδοι .....	24
3.2.1. Μέτρηση χρώματος.....	24
3.2.2. Δομή .....	25
3.2.3. Όγκος .....	25
3.2.4. Πορώδες .....	26
3.2.5. Σάκχαρα.....	26
Αποτελέσματα-Συζήτηση .....	27
4.1. Μετρήσεις χρώματος .....	27
4.1.1. Μέτρηση φωτεινότητας L* ψίχας .....	27
4.1.2. Μέτρηση φωτεινότητας L* Κρούστας.....	28
4.1.3. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος ψίχας από πράσινο (-a*) έως κόκκινο (+a*) ..	30
4.1.4. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος κρούστας από πράσινο(-a*)έως κόκκινο(+a*)	31
4.1.5. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος ψίχας από μπλε (-b*) σε κίτρινο (+b*).....	32
4.1.6. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος κρούστας από μπλε (-b*) σε κίτρινο (+b*) ....	33

4.2. Μελέτη της δομής .....	35
4.3. Μελέτη όγκου.....	36
4.4. Πορώδες .....	37
4.5. Μελέτη των σακχάρων.....	40
Συμπεράσματα .....	41
Βιβλιογραφία .....	43

## Περίληψη

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή μελετάται η επίδραση του κρόκου Κοζάνης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Για τον σκοπό αυτής της έρευνας, παρασκευάστηκαν τέσσερα ψωμιά με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης 0% w/w, 0,01% w/w, 0,03% w/w και 0,05% w/w. Τα τέσσερα διαφορετικά δείγματα μελετήθηκαν ως προς το χρώμα, την δομή, τον όγκο, το πορώδες και τα σάκχαρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η διαφορετική περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης, επηρεάζει με σημαντικές αυξομειώσεις τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Παρατηρήθηκε ότι το δείγμα 0,01% w/w είχε την μικρότερη τιμή σε σκληρότητα ψίχας και όγκο σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα, με περιεκτικότητες κρόκου, 0% w/w, 0,03% w/w και 0,05% w/w αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο επίσης, είναι το γεγονός, πως με την προσθήκη 0,03% w/w σκόνης κρόκου στο ψωμί, παρατηρήθηκαν μέγιστες τιμές σκληρότητας ψίχας και όγκου, ενώ το ποσοστό των σακχάρων ήταν χαμηλότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα.

Λέξεις κλειδιά: σκόνη κρόκου Κοζάνης, ποιοτικά χαρακτηριστικά ψωμιού, σκληρότητα ψίχας, όγκος.

## **Abstract**

In this study, we examined the effect of krokos Kozanis on the quality characteristics of bread. For the purpose of this study, we prepared four breads with different concentrations of krokos Kozanis powder 0% w/w, 0,01% w/w, 0,03% w/w και 0,05% w/w. The four different samples were studied in terms of the color, the crumb hardness, the volume, the porosity and the sugars. The results showed that the different content of krokos Kozanis powder, affects with important fluctuations the quality characteristics of bread. It was observed that, the sample 0,01% w/w, had the lowest value of crumb hardness and volume compared to the other samples, with different contents of krokos Kozanis powder, 0% w/w, 0,03% w/w and 0,05% w/w. Remarkable is the fact that, with the addition of 0,03% w/w krokos Kozanis powder, the bread had the highest values of crumb hardness and volume, while in the sugar study, it showed that it had the lowest value compared to the rest of the samples.

Key words: krokos Kozanis powder, bread quality characteristics, crumb hardness, volume.



## Εισαγωγή

### 1. *Crocus sativus* L.

#### 1.1. Ιστορική Αναδρομή

Από την Αρχαία Μεσοποταμία και συγκεκριμένα από την πόλη Σούσα ξεκινάει η ιστορία του φυτού. Κοντά σε αυτή την πόλη, υπήρχε μια κωμόπολη που ονομαζόταν Azurirano, στη οποία γίνεται η πρώτη αναφορά στην καλλιέργεια του φυτού το 2300 π.Χ. Το όνομα Azurirano σημαίνει λιβάδι με κρόκο και σε αυτή την περιοχή γεννήθηκε ο Σαργών, ο ιδρυτής της δυναστείας των Αγαδών (Gadd, 1971). Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να καλλιεργούσαν το φυτό *Crocus cartwrightianus*, το οποίο αποτελεί τον άγριο πρόγονο του σημερινού *Crocus sativus* (Nemati et al., 2018).

Μπορεί η αρχική αναφορά να έγινε στην Αρχαία Μεσοποταμία, όμως η χρήση του κρόκου απαντάται και στην Αρχαία Ελλάδα, όπου το χρησιμοποιούσαν ως χρωστική, αρωματική αλλά και φαρμακευτική ουσία. Ακόμη το φυτό αναφέρεται και στην ελληνική μυθολογία, σύμφωνα με την οποία, ο θεός Ερμής αγωνίζονταν στη δισκοβολία μαζί με έναν θνητό του φίλο που ονομαζόταν Κρόκος. Όμως κατά την διάρκεια του αγωνίσματος, ο θεός Ερμής τον χτύπησε καταλάθος στο κεφάλι. Αυτό το μοιραίο χτύπημα στοίχησε την ζωή στον Κρόκο. Τότε ο θεός Ερμής, αποφάσισε να τον κάνει αθάνατο, μεταμορφώνοντας τον, σε ένα μωβ λουλούδι. Αναφέρεται πως, τρεις σταγόνες από το αίμα του Κρόκου έπεσαν πάνω στο φυτό και αποτέλεσαν τα στίγματα του λουλουδιού (Βουτσινά, 2004).

Τον 9<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. οι Μαυριτανοί εισήγαγαν για πρώτη φορά το φυτό στην Ισπανία (Willard, 2002). Το 13<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. προσκυνητές, έμποροι και ιππότες μετέφεραν βολβούς του φυτού από την Ισπανία και τη Μέση Ανατολή στην Γαλλία (Lachaud, 2012). Έτσι ξεκίνησε η καλλιέργεια του φυτού στην Γαλλία, στην περιοχή του Γκατινέ. Τον 17<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. άρχισε να καλλιεργείται στην Κοζάνη (Βουτσινά, 2004). Ο πληθυσμός της Δυτικής Μακεδονίας το 1800 μ.Χ. ήταν περίπου 3.500 κατοίκους (Πουκεβίλ, 1809). Αξιοσημείωτο βέβαια είναι το γεγονός, πως Κοζανίτες έμποροι τον διακινούσαν στην Ευρώπη, παρόλο που όλη η Ελλάδα ήταν υπό οθωμανική κατοχή.

Σήμερα, είναι γνωστό, πως το φυτό καλλιεργείται σε αρκετές χώρες της Ευρώπης, της Αφρικής και της Κίνας. Στην Ελλάδα καλλιεργείται κάθε χρόνο σε πολλά χωριά της Κοζάνης και θεωρείται το ακριβότερο μπαχαρικό στον κόσμο, καθώς η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας είναι χειρωνακτική, ιδιαίτερα επίπονη αλλά και πολύ απαιτητική.

## 1.2. Συστηματική Κατάταξη και Μορφολογία

Πίνακας 1: Συστηματική κατάσταση (Saxena, 2010)

Βασίλειο	Plantae
Φύλο	Magnoliophyta
Κλάση	Monocotyledons
Τάξη	Liliales
Οικογένεια	Iridaceae
Γένος	<i>Crocus</i>
Είδος	<i>Crocus sativus</i> L.



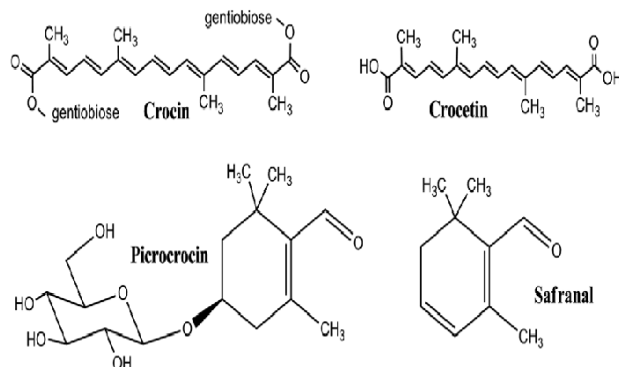
Εικόνα 1. *Crocus sativus* L.  
(Προσωπικό Αρχείο, 2020)

Το φυτό ανήκει στη οικογένεια Ιριδοειδή και το επιστημονικό όνομα του είναι *Crocus sativus* L., δηλαδή κρόκος ο ήμερος. Ο κρόκος είναι επίσης γνωστός και με τις ονομασίες ζαφορά και σαφράν. Αποτελεί ένα πολυετές φυτό και σε ότι αφορά την μορφολογία του παρατηρούνται τα εξής: Ο βολβός του έχει διάμετρο 5 cm και είναι αρκετά συμπιεσμένος, πεπλατυσμένος στην βάση του αλλά και σφαιροειδής (Negbi, 2006). Σε ότι αφορά τον βλαστό, αυτός είναι κοντός, λεπτός και πάνω σ' αυτόν, θα εμφανιστούν τα φύλλα και τα άνθη.

Τα φύλλα είναι 6 με 8 σε κάθε βολβό και μορφολογικά εντοπίζονται να είναι στενόμακρα και νηματοειδή. Τα άνθη είναι 1 με 3 ανά βολβό, η μορφή τους είναι ακτινωτή και αποτελούνται από πέταλα με πορφυροϊώδη χρώμα (Ταραντίλης και Δαραφέρα, 2004). Σε κάθε άνθος διαπιστώνεται πως στο κέντρο βρίσκονται 3 κίτρινοι στήμονες και η ωοθήκη με τον στύλο. Σε 3 κόκκινα στίγματα χωρίζεται ο στύλος (Εικόνα 1), τα οποία έχουν χαρακτηριστικό άρωμα και ένα μήκος. Σε σχέση όμως με υπόλοιπα τμήματα του φυτού τα στίγματα είναι δυσανάλογα και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολύ συχνά να κρέμονται έξω από το άνθος. Τα αποξηραμένα στίγματα και είναι ο λόγος για τον οποίο καλλιεργείται ο κρόκος, καθώς αποτελούν προϊόν υψηλής αξίας. Τέλος το φυτό δεν μπορεί να αναπαραχθεί εγγενώς, καθώς είναι στείρο (Ταραντίλης και Δαραφέρα, 2004) και ο τρόπος πολλαπλασιασμού του είναι αγενώς μέσω των υπόγειων βλαστών (Κουτσός, 2006).

### **1.3. Χημική σύσταση στιγμάτων του κρόκου Κοζάνης**

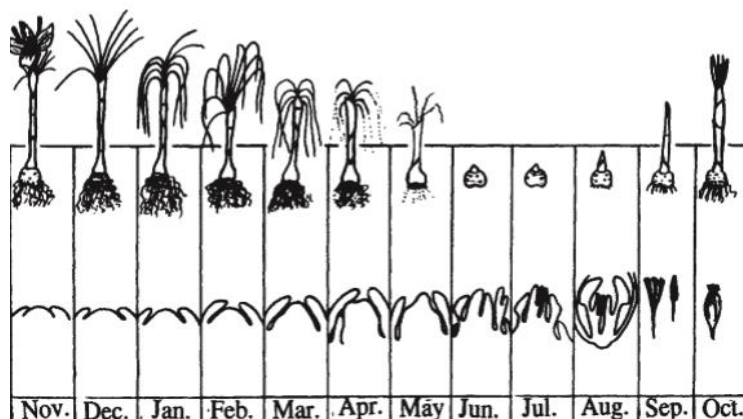
Αρωματικές ενώσεις, πηκτικά αλλά και αρκετά μη πηκτικά συστατικά όπως, η ζεαξανθίνη, το λυκοπένιο και ποικίλα α και β καροτενοειδή, περιέχονται στα στίγματα του φυτού (Iborra et al., 1992, Tarantilis et al., 1994, Abdullaer, 2002). Τα στίγματα, περιέχουν επίσης, σημαντικές ποσότητες χρωστικών. Οι ποσότητες αυτών των χρωστικών ονομάζονται κρόκινες, είναι γλυκοζίτες της κροκετίνης και αποτελούν καροτενοειδή, τα οποία είναι υδατοδιαλυτά. Την ελαφρώς πικάντικη αλλά και πικρή γεύση που έχουν τα στίγματα την οφείλουν στην πικροκροκίνη. Συγκεκριμένα η πικροκροκίνη είναι ένας γλυκοζίτης της σαφρανάλης (Sujata et al., 1992, Castellar et al., 1993, Tarantilis et al., 1994). Ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν ότι, στα στίγματα κατά την διαδικασία της ξήρανσης παράγονται ουσίες, που ευθύνονται για το άρωμα και την γεύση του φυτού (Loskutov et al., 2000), τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η σαφρανάλη. Η σαφρανάλη είναι μια μονοτερπενική αλδεΐδη, η οποία σχηματίζεται, όταν τα στίγματα υφίσταται την διαδικασία ξηράνσεως. Είναι το κύριο χαρακτηριστικό του αιθέριου ελαίου του φυτού και σε αυτή, το φυτό οφείλει το άρωμά του (Tarantilis and Polisiou, 1997).



Εικόνα 2 : Χημικές δομές: Κροκίνης, Κροκετίνης, Πικροκροκίνης και Σαφρανάλης (Feili, 2012).

#### 1.4. Καλλιέργεια του *Crocus sativus* L.

Η καλλιέργεια του κρόκου απαιτεί επίπονη και δύσκολη χειρωνακτική εργασία. Η φύτευση του πραγματοποιείται τον Μάιο με Αύγουστο, με τον βολβό να έχει υποστεί επεξεργασία κατά την οποία αφαιρείται το εξωτερικό του στρώμα, που ονομάζεται ινώδης δικτυωτός χιτώννας (Καρασταμάτη, 2004). Οι βολβοί τοποθετούνται σε αυλάκια και μάλιστα σε βάθος 20-25 εκατοστών κατά την φύτευση (Βουτσινά, 2004). Το φυτό προτιμά εδάφη τα οποία είναι χαλαρά, με χαμηλή πυκνότητα, καλά αποστραγγιζόμενα, τα οποία περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (Deo, 2003). Η άνθιση του πραγματοποιείται, το φθινόπωρο, κυρίως στα μέσα Οκτωβρίου (Εικόνα 3). Κατά την διάρκεια της άνοιξης η δραστηριότητα του είναι μειωμένη και το καλοκαίρι αδρανοποιείται, δηλαδή βρίσκεται σε κατάσταση ληθάργου (Carmona et al., 2006). Καθ' όλη την διάρκεια του καλοκαιριού, πραγματοποιούνται ένα ή δύο φρεζαρίσματα και μετα σβάρνισμα (Παπανικολάου, 2005). Χρειάζεται θερμό καιρό το καλοκαίρι και κρύο τον χειμώνα, γι' αυτό η περιοχή του Ν. Κοζάνης είναι ευνοϊκή. Σημαντικός είναι και ο έλεγχος για τα ζιζάνια, καθώς επηρεάζουν την καλλιέργεια. Γι' αυτό τον λόγο, γίνεται μηχανική καταπολέμηση των ζιζανίων, με εργαλεία κατεργασίας εδάφους. Η πιο συχνή ασθένεια που εμφανίζεται στην περιοχή της Κοζάνης, οφείλεται στον μύκητα *Rhizoctonia crocorum* και ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης, είναι η μεταφύτευση των βολβών σε άλλη γεωργική έκταση (Χατζοπούλου, 2017). Επιπλέον, ζημιές μπορεί να προκληθούν, από ασπάλακες και λαγούς, καθώς είναι ικανοί να καταστρέψουν ολόκληρα φυτά.



Εικόνα 3: Τα στάδια ανάπτυξης του *Crocus sativus* L. (Azizbekova and Milyaeva, 2006).

Όταν έρθει η στιγμή της συγκομιδής τον Οκτώβριο, πρέπει το άνθος να ανοίξει τελείως, γι' αυτό συστήνεται η συγκομιδή να γίνεται το πρωί. Η συγκομιδή γίνεται με το χέρι, όπου οι συλλέκτες κόβουν τον βλαστό από κάθε φυτό στο σημείο που βρίσκεται πάνω από το έδαφος και το τοποθετούν σε υφασμάτινες ποδιές. Όταν αυτές γεμίσουν αδειάζονται σε μεγάλα ψάθινα καλάθια. Στην συνέχεια ο κάθε παραγωγός μεταφέρει τα καλάθια με κρόκο στην οικία του, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι διαδικασίες επεξεργασίας του φυτού. Η διάρκεια συγκομιδής είναι περίπου 20-25 ημέρες. Η απόδοση της παραγωγής είναι περίπου 1-2 kg το στρέμμα (Ordoudi and Tsimidou, 2004) και για την παραγωγή 1kg κρόκου απαιτούνται 150.000 με 200.000 φυτά (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Συγκομιδή του *Crocus sativus* L. από το χωράφι. (Προσωπικό Αρχείο, 2020)

Μετά την διαδικασία συγκομιδής, σε ειδικό τραπέζι, το οποίο έχει κατασκευαστεί με ηλεκτροκίνητους ανεμιστήρες, διαχωρίζονται πέταλα, στίγματα, στήμονες αλλά και τυχόν ξένες ύλες όπως πέτρες, έδαφος κ.α. (Εικόνα 5). Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, ορισμένα στίγματα δεν διαχωρίζονται πλήρως από το φυτό, γι' αυτό χρειάζεται επιπλέον διαχωρισμός των στίγμάτων που απέμειναν, με το χέρι. Απαιτεί μεγάλη προσοχή, καθώς είναι ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο φυτό (Βουτσινά, 2004).



Εικόνα 5: Διαδικασία διαχωρισμού, πετάλων, στίγμάτων και στήμονων με ηλεκτροκίνητους ανεμιστήρες. (Προσωπικό Αρχείο, 2020)

Έπειτα, από τον διαχωρισμό ακολουθεί η ξήρανση. Η ξήρανση γίνεται σε ειδικά δωμάτια τα οποία θερμαίνονται, με θερμοκρασία περίπου 35-50 °C και με σχετική υγρασία <50% (Τσιμίδου, 1997) για περίπου 3 με 4 ώρες. Τα νωπά στίγματα τοποθετούνται πάνω σε πλαίσια στα οποία, η βάση είναι συνήθως συρμάτινη. Τα στίγματα θα πρέπει να απέχουν ορισμένη απόσταση μεταξύ τους, ώστε να πραγματοποιηθεί σωστά η διαδικασία (Εικόνα 6.). Η ξήρανση αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι. Εάν η διαδικασία αυτή πραγματοποιηθεί σωστά ο κροκός είναι ικανός να διατηρήσει όλες τις χαρακτηριστικές του ιδιότητες (Τσιμίδου, 1997). Μια τεχνική που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί προκειμένου να ελέγξουν εάν έχει γίνει σωστά η ξήρανση, είναι να παρατηρήσουν εάν αποκολλώνται τα στίγματα από τα συρμάτινα πλαίσια (Καρασταμάτη, 2014). Η ξήρανση πρέπει να γίνεται υπό σκιά στα θερμαινόμενα δωμάτια και όχι στον ήλιο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία έχει αρνητική επίδραση στην ποιότητα. Συγκεκριμένα η συγκέντρωση του αιθέριου ελαίου, μειώνεται (Σταμπόλη, 2011).



Εικόνα 6: Πλαίσια για την ξήρανση των στιγμάτων.(Προσωπικό Αρχείο,2020)

Μετά από την ξήρανση, οι παραγωγοί παραδίδουν τα αποξηραμένα στίγματα στον Αναγκαστικό Συνεταιρισμό των Κροκοπαραγωγών Κοζάνης, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αποθήκευση, τυποποίηση και εμπορία του προϊόντος (Χατζοπούλου 2017). Η αποθήκευση του προϊόντος επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, γι' αυτό αν προορίζεται για κατανάλωση ως μπαχαρικό, η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν πρέπει να είναι πολύ χαμηλή. Στην περίπτωση που ο κρόκος, πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για φαρμακευτικούς σκοπούς, πρέπει να συντηρείται σε χαμηλές θερμοκρασίες (Τσιμίδου, 1997). Για την προώθηση στο εμπόριο τα στίγματα του κρόκου τοποθετούνται σε κατάλληλες συσκευασίες (Εικόνα 7.). Σημαντικός είναι και ο έλεγχος για την υγρασία. Αυξημένη σχετική υγρασία είναι ικανή να οδηγήσει σε ανάπτυξη μικροοργανισμών, να επιδράσει αρνητικά στην διαδικασία σχηματισμού των συστατικών του αρώματος αλλά και στο χρώμα και την γεύση, καθώς κροκίνη και η πικροκροκίνη αποτελούν ουσίες που είναι υδατοδιαλυτές (Alonso et al., 1990, Tsimidou and Bilianderis, 1997, Carmona et al., 2006). Σήμερα ο κρόκος Κοζάνης αποτελεί ένα προϊόν Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ).



Εικόνα 7: Συσκευασίες με κρόκο Κοζάνης (Προσωπικό Αρχείο,2019)

### 1.5. Θεραπευτικές Ιδιότητες

Ο κρόκος Κοζάνης έχει αντικαρκινικές επιδράσεις σε διαφόρους τύπους καρκίνου όπως, τον καρκίνο του δέρματος, καρκίνο του προστάτη, καρκίνο του μαστού, καρκίνο του πνεύμονα και της λευχαιμίας και σε αυτό κατέληξαν πολλοί ερευνητές, καθώς διακόπτει την εξέλιξη του καρκινικού κυτταρικού κύκλου (Kohhorasanch et al., 2018). Επίσης πολύ γνωστές είναι, οι αντικαταθλιπτικές του ιδιότητες. Σε μία έρευνα των Tabeshpour et al., το 2017 διαπιστώθηκε πως, όταν χορηγήθηκε σε μητέρες που έπασχαν από επιλόχειο κατάθλιψη, ο κρόκος είχε πιο σημαντική επίδραση από το εικονικό φάρμακο. Σε ακόμη μια έρευνα σχετικά με την κατάθλιψη στους ηλικιωμένους, έγινε γνωστό πως ο κρόκος αποτελεί μια εναλλακτική λύση, καθώς μειώνει τα συμπτώματα κατάθλιψης (Ahmadpanah et al., 2019). Επιπλέον, ο κρόκος συμβάλλει κατά τους νόσου του Alzheimer (Tribuzi et al., 2017) και κατά της νόσου του Parkinson (Tamegart et al., 2019). Άλλη επίδραση που έχει στην υγεία είναι, οι αναλγητικές και αντιφλεγμονώδεις επιδράσεις (Amin and Hosseinzadeh, 2015). Ακόμη, εντοπίζονται τόσο σε πειραματικές όσο και κλινικές μελέτες που αναφέρουν τον θεραπευτικό ρόλο του σαφράν στις οφθαλμικές παθήσεις (Fernández-Albarral et al., 2020). Πολύ σημαντική είναι επίδραση του, σε διάφορες καρδιαγγειακές παθήσεις (Pourmasoumi, et al., 2019). Μπορεί να μειώσει την γλυκόζη του αίματος, συγκεκριμένα διαπιστώθηκε σε έρευνα με διαβητικούς αρουραίους ότι αναστείλει την έκφραση φλεγμονωδών κυτοκινών στην κοιλιακή αορτή (Samarghandian et al., 2017). Τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες εστιάζουν στα φυτικά φάρμακα για την θεραπεία των ατόμων που είναι εξαρτημένα από τα ναρκωτικά. Μάλιστα οι (Yaribeygi et al., 2014) ανέφεραν ότι το εκχύλισμα του σαφράν μπορεί να εφαρμοστεί για την θεραπεία των ατόμων με εξάρτηση στη μορφίνη. Τέλος το σαφράν έχει αφροδισιακές ιδιότητες και συγκεκριμένα η χρωστική κρόκινη (Hosseinzadeh et al., 2008).

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως, το σαφράν έχει αρκετές ευεργετικές ιδιότητες. Γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται σε πληθώρα φαρμακευτικών σκευασμάτων αλλά και σε εμπλουτισμό προϊόντων όπως, το μέλι, το τσάι και το ψωμί.



## **2. Ψωμί**

### **2.1. Ιστορία του ψωμιού**

Η ιστορία του ψωμιού με την ιστορία του ανθρώπου συνδέεται, καθώς το ψωμί, αποτελεί την βασική του τροφή και περιέχει θρεπτικά συστατικά για την σωστή λειτουργία του οργανισμού (Dewettinck et al., 2008). Πιστεύεται ότι το πρώτο σιτάρι πιθανότατα να καλλιεργήθηκε 10000 χρόνια π.Χ. ωστόσο, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες καταναλώθηκε το πρώτο ψωμί, δεν είναι γνωστές. Η Αρχαία Αίγυπτος θεωρείται η πατρίδα του πρώτου ψωμιού, καθώς έχει βρεθεί στους αιγυπτιακούς τάφους εικόνα ψωμιού, η οποία χρονολογείται το 3000 π.Χ. (Ψιλάκη, 2007).

Ακόμη πληροφορίες υπάρχουν και στην Μινωική Κρήτη. Οι πληροφορίες αυτές για την χρήση του σίτου στην Αρχαία Ελλάδα, προκύπτουν από ανασκαφικά ευρήματα (Ψιλάκη, 2007). Επιπλέον οι αρχαίοι Έλληνες είχαν προσθέσει και άλλα συστατικά στο ψωμί όπως, το μέλι για να βελτιώσουν και την γεύση του (Porona, 2016).

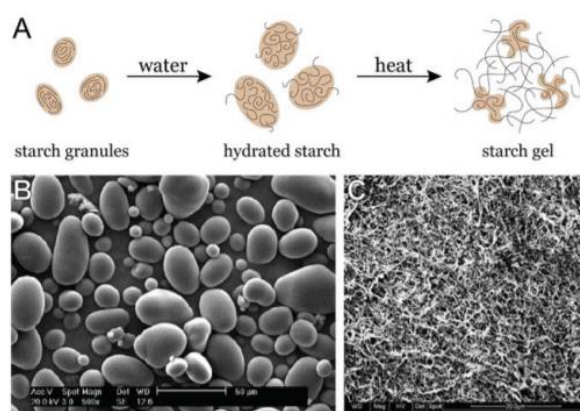
Στην νεότερη ιστορία το ψωμί είναι συνδεδεμένο με σπουδαία γεγονότα, όπως η Γαλλική επανάσταση, όπου η τιμή του ψωμιού έφτασε στα ύψη καθώς οι παραγωγοί ήθελαν να έχει καλύτερη τιμή και έτσι κρατούσαν το σιτάρι στις αποθήκες (Hobsbawm, 1996). Σε κάθε πόλεμο η έλλειψη του ψωμιού πάντα ισοδυναμούσε με πείνα, καθώς αποτελούσε είδος πολυτελείας και ήταν δυσεύρετο. Μετά το τέλος του πολέμου, το λευκό ψωμί έφτασε να αποτελεί δείγμα κοινωνικού κυρους, σε αντίθεση με το μαύρο ψωμί, το οποίο έτρωγαν οι λαϊκές τάξεις. Σήμερα τα πράγματα τείνουν να αλλάξουν, καθώς το μαύρο ψωμί αρχίζει να γίνεται ψωμί κύρους, λόγω των θετικών επιδράσεων του στην υγεία. (Ψιλάκη, 2007).

Στις μέρες μας υπάρχουν αρκετά είδη ψωμιού, τα οποία καταναλώνονται ευρέως, μερικά παραδείγματα αποτελούν, το λευκό ψωμί, το μαύρο ψωμί, το ψωμί ολικής αλέσεως. Τα είδη ψωμιού που καταναλώνονται αλλά και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παρασκευή τους, διαφέρει από χώρα σε χώρα (Cauvain and Young, 2006). Αυτό συμβαίνει, γιατί υπάρχουν διαφορές στις παραδόσεις, στις διατροφικές συνήθειες, αλλά και στην κατάσταση της οικονομίας που επικρατεί σε κάθε χώρα.

## 2.2. Κυριότερα μακρομόρια ψωμιού

### 2.2.1. Άμυλο

Το άμυλο είναι το σημαντικότερο συστατικό του αλευριού, εντοπίζεται σε ποσοστό 70-75% (Goesaert et al., 2005) και ορίζεται ως πολυσακχαρίτης, που αποτελείται από την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη (Ανδρικόπουλος, 2010). Το άμυλο έχει την μορφή των κόκκων και υπάρχουν διαφορές σ' ότι αφορά το μέγεθος τους, αυτό εξαρτάται από την προέλευση τους (Μπόσκος, 2004). Κατά την παρασκευή του ψωμιού το αλεύρι απορροφά νερό, το ποσοστό του νερού που θα απορροφηθεί εξαρτάται από το πόσο ακέραιοι είναι οι κόκκοι (Kokawa et al., 2012). Το άμυλο, όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας υφίσταται μια διαδικασία που ονομάζεται ζελατινοποίηση (Εικόνα 8.). Κατά την διάρκεια της ζελατινοποίησης παρατηρούνται τα εξής: Με την θέρμανση παρέχεται ενέργεια, αρχίζουν να εξογκώνονται και να σπάνε οι κόκκοι, η αμυλόζη αρχίζει να διαχέεται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κόκκοι να χάνουν την διαθλαστικότητα τους (Μπόσκος, 2004). Μάλιστα, σε μια έρευνα οι Bredariol et al., το 2019 διαπιστώσαν πως, η ζελατινοποίηση του αμύλου είναι μοναδική για κάθε κατάσταση ψησίματος και εξαρτάται από τις συνθήκες ψησίματος, δηλαδή από την θερμοκρασία, τον χρόνο, τον ατμό αλλά και από τους ρυθμούς θέρμανσης. Για παράδειγμα, χαμηλοί ρυθμοί θέρμανσης συνεπάγονται με υψηλότερη ζελατινοποίηση του αμύλου.



Εικόνα 8: Διαδικασία ζελατινοποίηση αμύλου (Irhamna et al., 2018)

### 2.2.2. Γλουτένη

Μια σημαντική πρωτεΐνη που περιέχεται στο ψωμί είναι η γλουτένη. Η γλουτένη σχηματίζεται, όταν μόρια της γλουτενίνης συνδεθούν μέσω δισουλφιδικών δεσμών και σχηματίσουν ένα δίκτυο που είναι συνδεδεμένο με γλιαδίνη (Shewry et al., 2002). Αυτό που προσδίδει συνεκτικότητα και ελαστικότητα στην ζύμη είναι οι πρωτεΐνες της γλουτένης γι' αυτό παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του ψησίματος (Gujar and Rossel, 2004, Wieser, 2007). Η γλουτένη καθορίζει το σχήμα, τον όγκο, την υφή, και την εμφάνιση της κρούστας και συμβάλλει στην δομή του ψωμιού. Έχει μοναδικές ιδιότητες, οι οποίες βοηθούν την ζύμη, ώστε να διογκωθεί και να κρατήσει το σχήμα της (Shewry et al., 2002).

Η γλουτένη τα τελευταία χρόνια αποτελεί ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα σε μια υγιεινή διατροφή. Αυτό προκύπτει από το γεγονός, ότι κάποιοι άνθρωποι εμφανίζουν δυσανεξία στην γλουτένη, η οποία αναφέρεται ως νόσημα της κοιλιοκάκης. Η κοιλιοκάκη εκτός από αυτοάνοσο νόσημα θεωρείται και ασθένεια δυσαπορρόφησης, καθώς η γλουτένη δεν δύναται να απορροφηθεί από τον οργανισμό (Rujner, 2004). Τα συμπτώματα είναι ποικίλα και εξαρτώνται από την ηλικία (Farrell and Kelly, 2002, Fasano et al., 2003). Στα κλασσικά συμπτώματα περιλαμβάνεται η ωχρότητα, η απώλεια ή αδυναμία αύξησης του βάρους και η κόπωση (Heel and West, 2006). Ωστόσο, για άτομα τα οποία δεν εμφανίζουν δυσανεξία στην γλουτένη, τα οφέλη στην υγεία είναι σημαντικά. Συγκεκριμένα σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε ανθρώπους, οι οποίοι δεν παρουσίαζαν δυσανεξία αλλά κατανάλωσαν προϊόντα χωρίς γλουτένη, αυξήθηκε ο κίνδυνος εμφάνισης καρδιακών παθήσεων (Lebwohl et al., 2017). Ακόμη η γλουτένη μπορεί να βοηθήσει τα ωφέλημα βακτήρια, που βρίσκονται σε ένα υγιές ανθρώπινο έντερο, καθώς γαστρεντερικές ασθένειες, μπορεί να προκληθούν από τις μεταβολές στην ποσότητα και την δραστηριότητα αυτών των βακτηρίων (Nevrink et al., 2012, Tojo et al., 2014).

### 2.3. Παρασκευή ψωμιού

Τρία είναι τα στάδια παρασκευής ψωμιού:

#### A) Ζύμωμα

Κατά την διαδικασία του ζυμώματος γίνεται η ανάμιξη των συστατικών του ζυμαριού. Η μαγιά είναι ένα από τα συστατικά που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για την παραγωγή του ψωμιού. Οι ζυμομύκητες που περιέχονται στην μαγιά είναι ικανοί να φουσκώνουν το ψωμί, καθώς και να επιτρέπουν την μετατροπή των σακχάρων σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα (Hagman et al., 2013). Ακόμη έχει γίνει γνωστό, πως η μαγιά προσδίδει γεύση και άρωμα στο ψωμί (Stear, 1990). Σε μια ζύμη εντοπίζονται πηγές φυσικών σακχάρων που βρίσκονται στο αλεύρι, όπως είναι η σουκρόζη, η φρουκτόζη, η γλυκόζη και η μαλτόζη. Η μαλτόζη, μάλιστα προκύπτει από τη διάσπαση του αμύλου. Η διάσπαση αυτή οφείλεται σε μια διαδικασία, όπου το άμυλο διογκώνεται με το νερό και ακολουθεί η υδρόλυση του από την αμυλάση (Delcour et al., 2010). Ορισμένα μειονεκτήματα εντοπίζονται όταν ένα ζυμάρι δεν ζυμωθεί αρκετά. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το να είναι αρκετά κολλώδες και να μην έχει πραγματοποιηθεί η διάλυση των συστατικών του, όπως το αλάτι και η ζάχαρη με αποτέλεσμα να παραλαμβάνεται ένα υγρό ζυμάρι (Μποσδίκος, 2005).

#### B) Ωρίμανση ζυμαριού

Μετά την ζύμωση ακολουθεί η ωρίμανση του ζυμαριού, η οποία έχει σαν σκοπό να ολοκληρώσει την ζύμωση των σακχάρων. Η ζύμωση οδηγεί σε αλλαγές, οι οποίες είναι χημικές. Οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν εξαιτίας της δράσης των ενζύμων. Ακόμη η ζύμωση μπορεί να αναφερθεί ως, μια διαδικασία κατά την οποία αλλάζει το τρόφιμο, λόγω της δράσης των μικροοργανισμών (Hui, 2004). Η ωρίμανση έχει ως στόχο να απορροφηθούν τα υγρά από το ζυμάρι και να σχηματιστεί μια κυψελωτή δομή. Η επιτυχία της δομής εξαρτάται από την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο θα προέλθει από την ζύμωση των απλών σακχάρων (Κεφαλάς, 2009).

### Γ) Ψήσιμο

Τέλος κατά το ψήσιμο του ωριμασμένου ζυμαριού, αυξάνεται ο όγκος των κυψελίδων. Η κρούστα εξωτερικά είναι ικανή να στεγνώσει, ενώ κανένα άλλο μέρος στο εσωτερικό του ψωμιού δεν έχει αυτή την ικανότητα (Wählby and Skjöldebrand, 2002). Κατά το ψήσιμο το άμυλο ζελατινοποιείται εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών, έτσι πιο συγκεκριμένα στην εξωτερική επιφάνεια του ψωμιού παρατηρούνται ορισμένα φαινόμενα όπως καραμελοποίηση και αντιδράσεις Maillard με αποτέλεσμα το χρώμα της κρούστας γίνεται πιο σκούρο. Οι χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ των αμινοξέων και των αναγωγικών σακχάρων ονομάζονται αντιδράσεις Maillard (Κεφαλάς, 2009). Οι αντιδράσεις αυτές, σχηματίζουν ενώσεις που παρουσιάζουν ιδιότητες αντιοξειδωτικές και αντιμεταλλαξιογόνες (Perez-Locas and Yaylayan, 2010).

### 2.4. Καινοτομίες στο ψωμί

Τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται όλο και περισσότερες καινοτόμες ιδέες στην παραγωγή των ψωμιών, που στοχεύουν στη βελτίωση της υγείας των καταναλωτών. Παραδείγματα τέτοιων αρτοπαρασκευασμάτων περιγράφονται συχνά στην διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η προσθήκη στο ψωμί σκόνης σπόρων moringa, που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και βιταμίνη Α, δηλαδή την δημιουργία ενός βιολειτουργικού ψωμιού (Bolarinwa et al., 2019). Επίσης, ένα άλλο παράδειγμα είναι η παραγωγή ψωμιών με αλεύρι από φρούτο mutamba. Η προσθήκη αυτή οδήγησε στην παραγωγή ψωμιού, με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια και υψηλή περιεκτικότητα σε ακατέργαστες ίνες (Assis et al., 2019). Επιπλέον χρήση του αλευριού κάνναβης, επηρέασε τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του ψωμιού και άλλαξε τα χαρακτηριστικά του, συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση των πρωτεϊνών σε σχέση με το ψωμί που δεν περιείχε αλεύρι από κάνναβη (Mikulec et al., 2019). Τέλος το ψωμί, με αλεύρι που προέρχεται από καφέ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πρόληψη του μεταβολικού συνδρόμου (Jakubczyk et al., 2018). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι όλο και περισσότερες παραλλαγές στην παραγωγή του ψωμιού διερευνώνται τα τελευταία χρόνια με σκοπό την βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και τον εμπλουτισμό του με συστατικά που προάγουν την υγεία και την ευεξία.

## **Σκοπός**

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης του κρόκου Κοζάνης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Για να επιτευχθεί λοιπόν, αυτός ο σκοπός, παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο τέσσερα ψωμιά, το καθένα από τα οποία περιείχε διαφορετική περιεκτικότητα σκόνης κρόκου Κοζάνης (0% w/w, 0,01% w/w 0,03% w/w και 0,05% w/w). Μελετήθηκαν τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του κάθε ψωμιού και συγκεκριμένα: το χρώμα, η δομή, ο όγκος, το πορώδες αλλά και τα σάκχαρα.

## Υλικά και Μέθοδοι

### 3.1. Υλικά

Η βασική σύσταση του ψωμιού που παρασκευάστηκε ήταν η εξής:

- 640 g αλεύρι εμπορίου
- 25 g θαλασσινό ιωδιούχο αλάτι του εμπορίου
- 19,5 g ζάχαρη
- 7 g ξηρή μαγιά
- 400 mL νερό
- κρόκος Κοζάνης αποξηραμένος (σε σκόνη)

#### 3.1.1. Αποξηραμένος κρόκος Κοζάνης

Συνολικά παρασκευάστηκαν τέσσερις ζύμες με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης: 0%w/w, 0,01% w/w, 0,03%w/w και 0,05% w/w. Χρησιμοποιήθηκε αποξηραμένος κρόκος Κοζάνης σε σκόνη και η μέγιστη περιεκτικότητα ήταν 0,05% w/w.



Εικόνα 9 : Αποξηραμένα στίγματα του *Crocus sativus* L.

### **3.1.2. Παρασκευή Ψωμιού**

Συνολικά παρήχθησαν οχτώ ψωμιά, καθώς κάθε ζύμη χωρίσθηκε στην μέση, τα οποία διέφεραν ως προς την περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης (0% w/w, 0,01% w/w, 0,03% w/w και 0,05% w/w). Τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των συγκεκριμένων ζυμών τοποθετήθηκαν σε ειδικό κάδο του αρτοποιασκευαστή και ρύθμιση του ήταν πρόγραμμα ζύμωσης χωρίς ψήσιμο. Το πρόγραμμα αυτό έχει χρονική διάρκεια 1 ώρα και 25 λεπτά. Αφού ετοιμάστηκε η ζύμη, με την βοήθεια ενός ζυγού διαχωρίσθηκε σε δυο μέρη τα οποία ήταν ίσα και τοποθετήθηκε σε αλουμινένιες φόρμες. Οι φόρμες μεταφέρθηκαν στον επωαστήρα στους 37°C για 40 λεπτά ώστε να φουσκώσει η ζύμη. Στη συνέχεια, τα ψωμιά ψήθηκαν στους 180° C σε προθερμασμένο φούρνο για 40 λεπτά, αμέσως μόλις ολοκληρώθηκε η διαδικασία με τον επωαστήρα. Μετά το ψήσιμό τους, τα ψωμιά αφαιρέθηκαν από τα φορμάκια, για να μην σχηματιστεί υγρασία. Τέλος, το κάθε ψωμί τυλίχθηκε με ζελατίνη και τοποθετήθηκε σε δροσερό και σκιερό μέρος και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλα τα ψωμιά δυο μέρες μετά.

## **3.2. Μέθοδοι**

### **3.2.1. Μέτρηση χρώματος**

Για την μέτρηση του χρώματος των ψωμιών, χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο Miniscan XE Plus (Εικόνα 10), με σκοπό να προσδιορισθούν οι τιμές των χρωματικών παραμέτρων.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  που είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος (Καρά, 2015). Η μέτρηση έγινε στην ψίχα και στην κρούστα και πραγματοποιήθηκε για κάθε δείγμα 3 φορές. Η τιμή  $L^*$ , εκφράζει την φωτεινότητα του δείγματος και κυμαίνεται στις τιμές 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό). Η τιμή ( $a^*$ ) δείχνει την διαβάθμιση του χρώματος από πράσινο, η οποία συμβολίζεται ως ( $-a^*$ ), έως κόκκινο που συμβολίζεται ως ( $+a^*$ ). Η τιμή ( $b^*$ ) δείχνει την διαβάθμιση από μπλε ( $-b^*$ ) σε κίτρινο ( $+b^*$ ) (Papadakis and Yam 2000).





Εικόνα 10 : χρωματόμετρο Miniscan XE Plus.

### 3.2.2. Δομή

Οι μετρήσεις σκληρότητας πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας την συσκευή αναλυτή δομής Computer Controlled Electronic Tensile Tester (TC1000). Η συσκευή ρυθμίζεται και ελέγχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή και μετρά πόσο συμπιέζονται τα δείγματα. Η κάθε φέτα είχε ύψος 1 cm και είχε κοπεί σε πάχος 1 cm. Το έμβολο είχε: α) ταχύτητα καθόδου 100 mm/s, β) διάμετρο 2,8 cm γ) μέγιστη παραμόρφωση 75%. Η σκληρότητα εκφράστηκε σε Newton. Μετρήθηκαν και τα τέσσερα ψωμιά με τις διαφορετικές περιεκτικότητες κρόκου Κοζάνης.

### 3.2.3. Όγκος

Σε κάθε ψωμί, μετρήθηκε ο όγκος υπολογίζοντας τις διαστάσεις του, δηλαδή το ύψος, το μήκος και το πλάτος. Για το κάθε ψωμί έγιναν τρεις μετρήσεις.

### 3.2.4. Πορώδες

Για την μέτρηση του πορώδους, τα ψωμιά κόπηκαν στην μέση και χρησιμοποιήθηκαν φέτες ψωμιού διαστάσεων 1 cm από το κάθε δείγμα. Στην συνέχεια μετρήθηκαν οι διαστάσεις των πόρων για κάθε φέτα ψωμιού, μέσω ηλεκτρονικού παχυμέτρου.

### 3.2.5. Σάκχαρα

Τα σάκχαρα μετρήθηκαν με την βοήθεια ψηφιακού διαθλασιμέτρου MA871 (Εικόνα 11), το οποίο είναι ένα οπτικό όργανο που χρησιμοποιεί την μέτρηση του δείκτη διάθλασης για τον προσδιορισμό της κλίμακας Brix % των σακχάρων. Για να μετρηθεί κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκε η προετοιμασία ενός διαλύματος απιονισμένου νερού 25 mL με 5 g ψίχας από το κάθε ψωμί. Για το κάθε δείγμα η μέτρηση επαναλήφθηκε τέσσερις φορές.



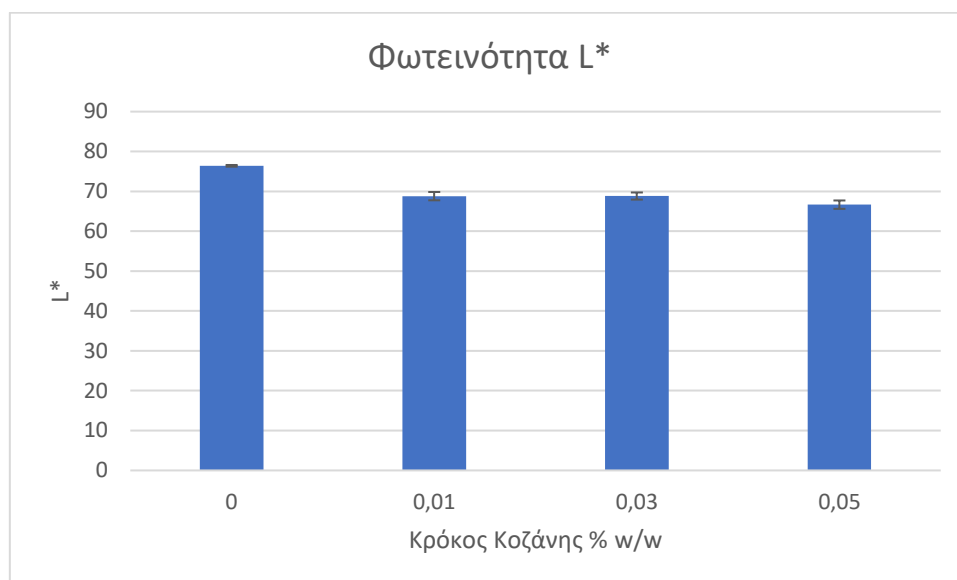
Εικόνα 11: Διαθλασίμετρο για την μέτρηση σακχάρων

## Αποτελέσματα-Συζήτηση

### 4.1. Μετρήσεις χρώματος

#### 4.1.1. Μέτρηση φωτεινότητας $L^*$ ψίχας

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα τέσσερα ψωμιά με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις κρόκου Κοζάνης.

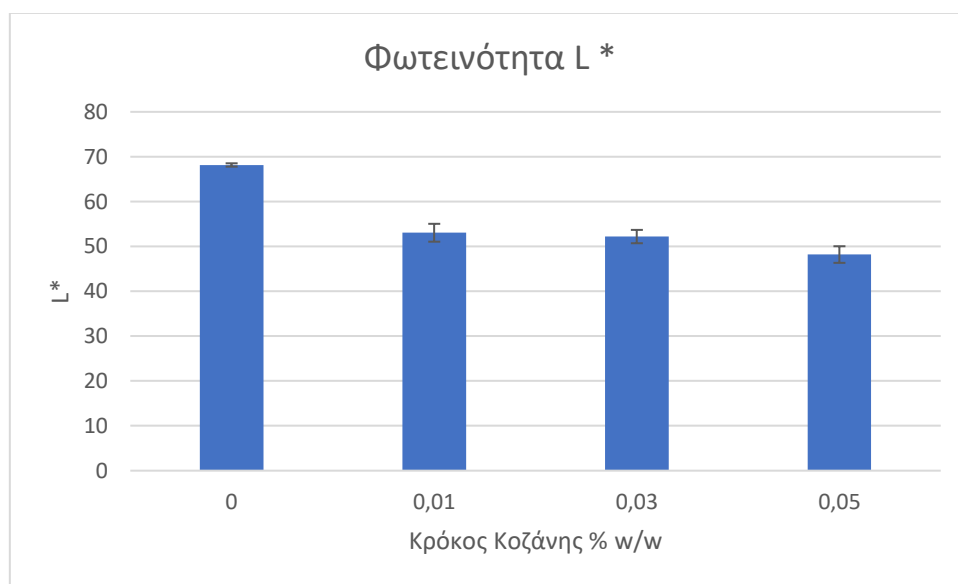


Διάγραμμα 1: Μέτρηση φωτεινότητας στην ψίχα των τεσσάρων ψωμιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα, πως με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης, η φωτεινότητα στην ψίχα των ψωμιών μειώνεται. Συγκεκριμένα όταν η περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης είναι 0,01% w/w και 0,03% w/w η φωτεινότητα βρίσκεται στα ίδια επίπεδα. Ενώ με την περεταίρω αύξηση της περιεκτικότητας σε 0,05% w/w η φωτεινότητα ελαττώνεται. Αυτό διαπιστώθηκε και με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με τον συντελεστή σημαντικότητας  $p$ -value. Η σύγκριση με το control (0% w/w) έδειξε ότι  $P < 0,05$  επομένως το control διαφέρει σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις. Η σύγκριση του 0,01% w/w με το 0,03% w/w έδειξε πως δεν διαφέρουν σημαντικά, ενώ το 0,01% w/w με το 0,05% w/w διαφέρουν. Επίσης και το ψωμί που περιείχε 0,03% w/w κρόκο Κοζάνης συγκριτικά με το 0,05% w/w με  $P < 0,05$  έδειξε ότι διαφέρει. Η διαφορά στο χρώμα είναι αισθητή, καθώς το χρώμα του ψωμιού αλλάζει με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης.

Ένας από τους κύριους μεταβολίτες των στιγμάτων είναι η κρόκινη. Αποτελεί μια χημική ένωση καροτενοειδούς και είναι υπεύθυνη για το χρώμα. Η κροκίνη είναι ένας διεστέρας και όταν απομονωθεί ως καθαρή χημική ένωση έχει ένα κόκκινο χρώμα ενώ, σχηματίζει κρυστάλλους στους 186°C, όπου είναι το σημείο τήξης (Abdullaer, 2002). Όταν διαλυθεί στο νερό όπως συνέβη και στην περίπτωση αυτή, όπου για την παρασκευή του ψωμιού χρησιμοποιήθηκε νερό, τότε σχηματίζει ένα κίτρινο-πορτοκαλί διάλυμα. Συνεπώς, όσο αυξάνεται η ποσότητα του κρόκου Κοζάνης θα μειώνεται η φωτεινότητα της ψίχας, καθώς το ψωμί που δεν περιείχε καθόλου κρόκο Κοζάνης ήταν πολύ κοντά στο λευκό (όταν το  $L^*$  πλησιάζει στο 100 γίνεται λευκό), ενώ με την προσθήκη κρόκου Κοζάνης γίνεται λιγότερο λευκό, επομένως το  $L^*$  μειώνεται.

#### 4.1.2. Μέτρηση φωτεινότητας $L^*$ Κρούστας

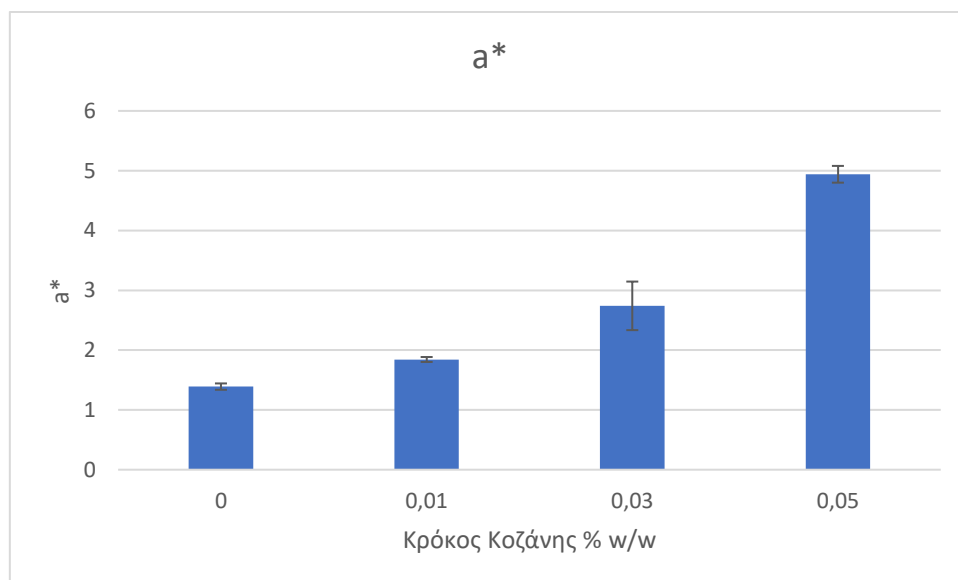


Διάγραμμα 2: Μέτρηση φωτεινότητας στην κρούστα των τεσσάρων ψωμιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης Κρόκου Κοζάνης.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται, πως με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης ελαττώνεται η φωτεινότητα των ψωμιών σε σχέση με το control. Μελετώντας τον συντελεστή σημαντικότητας P, παρατηρήθηκε πως το control (0% w/w) διέφερε σημαντικά ως προς την φωτεινότητα της κρούστας σε σχέση με τα υπόλοιπα ψωμιά. Ακόμη και οι υπόλοιπες περιεκτικότητες διέφεραν μεταξύ τους με εξαίρεση τις περιεκτικότητες 0,01% w/w με 0,03% w/w, όπου δεν διέφεραν με  $P > 0,05$ . Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η αντίδραση Maillard είναι μια μορφή μη ενζυμικού μαυρίσματος, που συνήθως συνδέεται με το χρώμα και τα αρώματα των τροφίμων (Perez-Locas and Yaylayan, 2010). Στην περίπτωση αυτή, με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης, επηρεάζεται το χρώμα της κρούστας και από την κροκίνη, η οποία είναι χρωστική των στιγμάτων του κρόκου. Η κροκίνη καθώς διαλύεται στο νερό, δημιουργεί ένα κίτρινο-πορτοκαλί διάλυμα. Το ψωμί που δεν περιείχε καθόλου κρόκο ήταν πολύ κοντά στο λευκό (όταν το  $L^*$  πλησιάζει στο 100 γίνεται λευκό), ενώ με την προσθήκη κρόκου Κοζάνης, γίνεται λιγότερο φωτεινό, επομένως το  $L^*$  μειώνεται.

Συγκριτικά λοιπόν μεταξύ της φωτεινότητας της ψίχας και της φωτεινότητας της κρούστας. Με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης, η φωτεινότητα της ψίχας μειώνεται, καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα του κρόκου και αυτό οφείλεται στην χρωστική των στιγμάτων, την κροκίνη. Με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης στην κρούστα παρατηρείται εξίσου μείωση στην φωτεινότητα. Τα ψωμιά με περιεκτικότητες 0,01% w/w και 0,03% w/w και στην ψίχα και στην κρούστα δεν διέφεραν μεταξύ τους. Η φωτεινότητα της κρούστας, εκτός από την κροκίνη, άλλος σημαντικός παράγοντας από τον οποίο επηρεάζεται, είναι οι αντιδράσεις Maillard που συμβαίνουν στην κρούστα και καθιστούν το χρώμα πιο σκούρο.

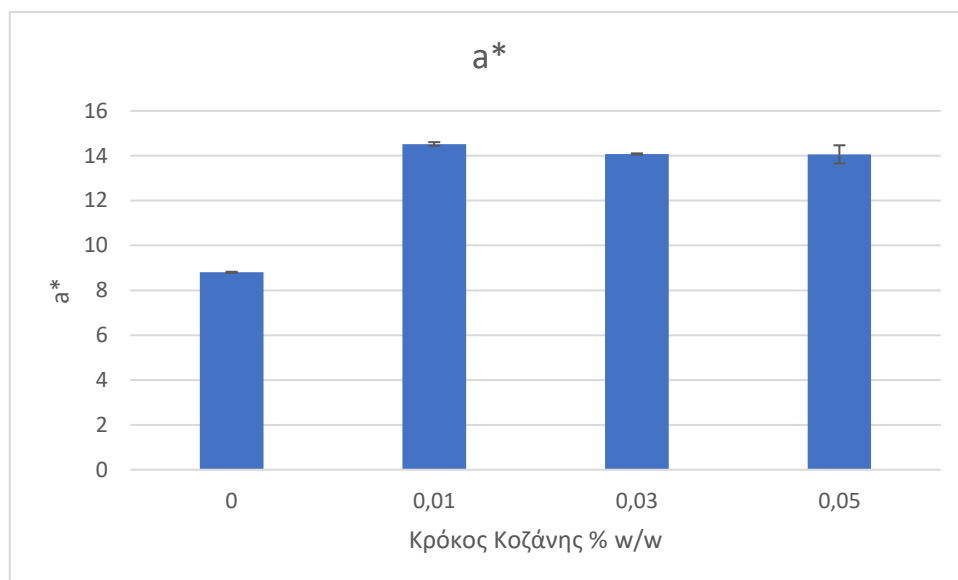
#### 4.1.3. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος ψίχας από πράσινο (-a\*) έως κόκκινο (+a\*)



Διάγραμμα 3: Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος στην ψίχα από πράσινο (-a\*) έως κόκκινο (+a\*) στα τέσσερα ψωμιά με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Στο παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης, αυξάνεται και η τιμή του (+a\*) στην ψίχα των ψωμιών. Κατά των υπολογισμό των αποτελεσμάτων με τον συντελεστή σημαντικότητας παρατηρείται πως, οι τιμές του control (0% w/w) διαφέρουν σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις. Επίσης, και οι τιμές των υπόλοιπων συγκεντρώσεων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Αυτό οφείλεται στο χρώμα της κρόκινης. Καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του κρόκου Κοζάνης, αυξάνεται και η συγκέντρωση της κροκίνης, επομένως υπάρχει πιο έντονο κίτρινο προς το πορτοκαλί χρώμα. Αυτό διαπιστώθηκε από την μέτρηση του (a\*), καθώς οι θετικές τιμές του a\* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου.

#### 4.1.4. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος κρούστας από πράσινο (-a\*) έως κόκκινο (+a\*)

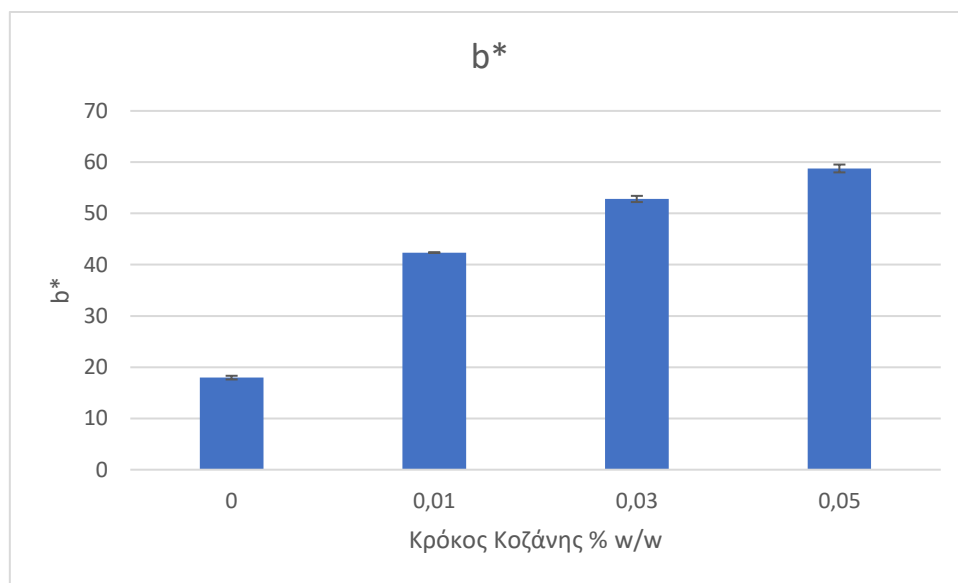


Διάγραμμα 4: Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος κρούστας από πράσινο (-a\*) έως κόκκινο (+a\*) στα τέσσερα ψωμιά με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Στο παραπάνω διάγραμμα καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του κρόκου Κοζάνης αυξάνεται και η τιμή του (+a\*) στην κρούστα των ψωμιών, σε σχέση με το ψωμί που δεν περιείχε καθόλου κρόκο Κοζάνης (control). Με τον υπολογισμό του συντελεστή σημαντικότητας p-value, διαπιστώνεται πως το control (0% w/w) διαφέρει με τα υπόλοιπα τρία ψωμιά, με τιμές  $P < 0,05$ . Η σύγκριση μεταξύ περιεκτικοτήτων 0,01% w/w και 0,03% w/w έδειξε ότι  $P > 0,05$  άρα δεν διαφέρουν μεταξύ τους, καθώς και οι τιμές 0,01% w/w με 0,05% w/w. Οι τιμές 0,03% w/w και 0,05% w/w με συντελεστή σημαντικότητας  $P > 0,05$  έδειξε ότι δεν διαφέρουν σημαντικά. Καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης αυξάνεται και η κροκίνη, επομένως υπάρχει πιο έντονο κίτρινο προς το πορτοκαλί χρώμα.

Συγκριτικά λοιπόν, σε αντίθεση με τις μετρήσεις (a\*) της ψίχας, στις μετρήσεις (a\*) της κρούστας, παρατηρείται πως οι περιεκτικότητες 0,01% w/w, 0,03% w/w και 0,05% w/w δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Επιπλέον στην περίπτωση της ψίχας, στο διάγραμμα παρατηρείται μια βαθμιαία αύξηση της τιμής (+a\*) καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα σε κρόκο Κοζάνης, πράγμα που δεν υφίσταται στην περίπτωση της κρούστας.

#### 4.1.5. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος ψίχας από μπλε (-b\*) σε κίτρινο (+b\*)

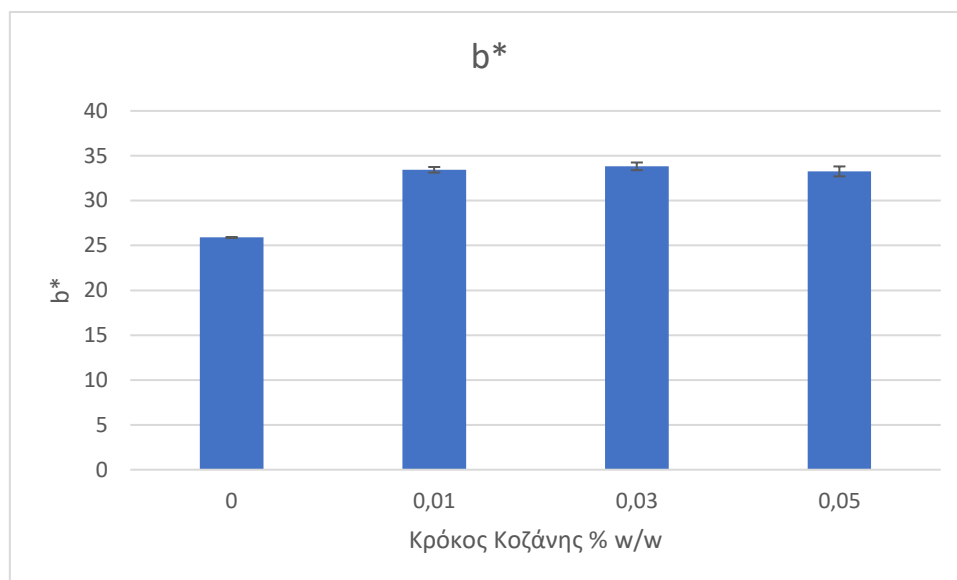


Διάγραμμα 5: Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος ψίχας από μπλε (-b\*) σε κίτρινο (+b\*) στα τέσσερα ψωμιά με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Με την ίδια διαδικασία παρατηρείται στο διάγραμμα, πως με την αύξηση της περιεκτικότητας σε κρόκο Κοζάνης αυξάνονται και οι τιμές του (+b\*) στην ψίχα. Στις μετρήσεις υπολογισμού του συντελεστής P, το control (0% w/w) διέφερε με όλες τις περιεκτικότητες και οι υπόλοιπες περιεκτικότητες, διέφεραν μεταξύ τους. Δηλαδή το ψωμί με 0,01%w/w διέφερε με το 0,03% w/w, το 0,01% w/w με το 0,05% w/w και το 0,03% w/w με το 0,05% w/w. Πράγμα που ήταν αναμενόμενο, διότι οι θετικές τιμές του b\* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Τα ψωμιά τα οποία παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο είχαν κίτρινο προς το πορτοκαλί χρώμα εξαιτίας της κροκίνης. Επομένως το διάγραμμα ήταν αναμενόμενο.



#### 4.1.6. Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος κρούστας από μπλε (-b\*) σε κίτρινο (+b\*)



Διάγραμμα 6: Μέτρηση διαβάθμισης χρώματος κρούστας από μπλε (-b\*) σε κίτρινο (+b\*) στα τέσσερα ψωμιά με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

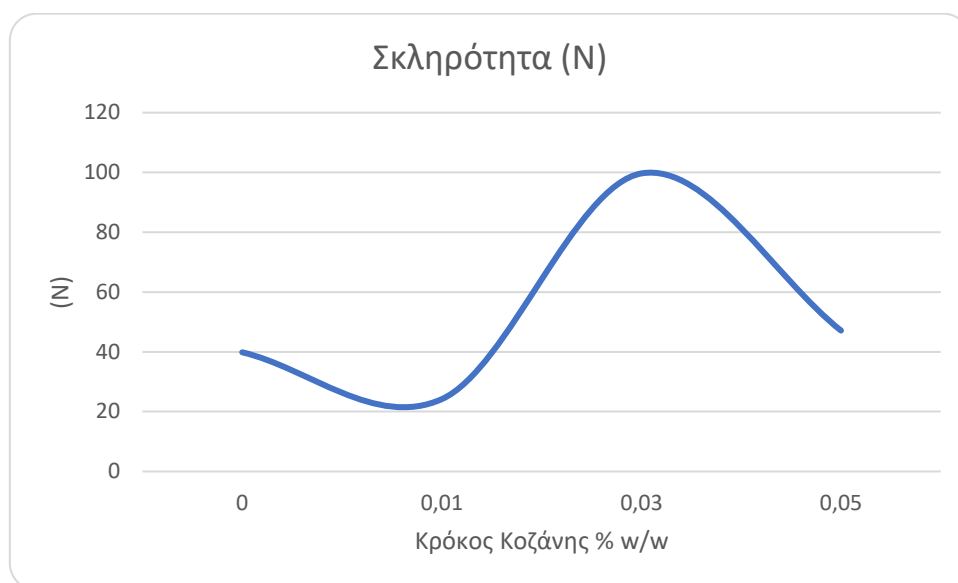
Στο παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως, με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης αυξάνεται και η τιμή του (+b\*) στην κρούστα σε σχέση με το ψωμί που δεν περιείχε καθόλου κρόκο Κοζάνης (control). Παρόλα αυτά, στα υπόλοιπα ψωμιά με περιεκτικότητες 0,01% w/w, 0,03% w/w και 0,05% w/w δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Αυτό διαπιστώθηκε και με τον υπολογισμό του συντελεστή σημαντικότητας P που έδειξε ότι, οι τιμές του control διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με τις τιμές των υπόλοιπων ψωμιών. Στην σύγκριση μεταξύ του 0,01% w/w και του 0,03% w/w, καθώς και το 0,01% w/w με το 0,05% w/w ο συντελεστής σημαντικότητας p- value έδειξε ότι δεν διαφέρουν μεταξύ τους, όπως και το 0,03% w/w με το 0,05% w/w. Οι θετικές τιμές του (b\*) αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Τα ψωμιά απέκτησαν κίτρινο χρώμα μετά την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης, επομένως το διάγραμμα είναι αναμενόμενο.

Συγκριτικά στην περίπτωση της μέτρησης διαβάθμισης χρώματος από μπλε (-b\*) σε κίτρινο (+b\*) στην ψίχα και στην κρούστα, παρατηρείται πως στην ψίχα και οι τέσσερις διαφορετικές περιεκτικότητες διαφέρουν μεταξύ τους με βαθμιαία αύξηση των τιμών (+b\*), καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης. Στην περίπτωση της κρούστας το control (0% w/w) διαφέρει με όλες τις υπόλοιπες περιεκτικότητες ενώ, οι υπόλοιπες περιεκτικότητες δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.



Εικόνα 12: Ψωμί με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης από τα αριστερά προς τα δεξιά ( 0% w/w, 0,01% w/w ,0,03% w/w και 0,05% w/w).

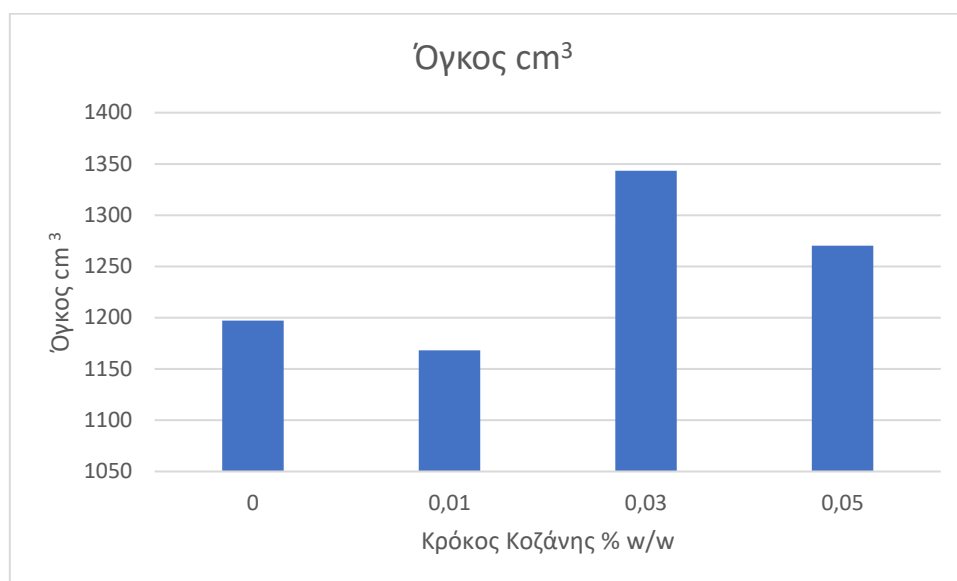
## 4.2. Μελέτη της δομής



Διάγραμμα 7: Μέτρηση της σκληρότητας των τεσσάρων ψωμιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Όπως διαπιστώνεται και στο διάγραμμα, με την προσθήκη 0,01% w/w κρόκου Κοζάνης, παρατηρείται μια μείωση της σκληρότητας, ενώ με την προσθήκη 0,03% w/w παρατηρείται βαθμιαία αύξηση της σκληρότητας σε τιμή να πλησιάζει τα 100N. Στην περίπτωση αυτή, η σκληρότητα είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη της τιμής του control (0% w/w). Στο ψωμί με περιεκτικότητα 0,05% w/w παρατηρείται βαθμιαία πτώση. Το υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών σημαίνει και μεγαλύτερη δέσμευση νερού με αποτέλεσμα την εμφάνιση πιο σκληρής υφής. Η γλουτενίνη και η γλιαδίνη είναι οι λειτουργικές πρωτεΐνες που συμβάλλουν στην δομή του ψωμιού (Wieser, 2007). Η προσθήκη σκόνης κρόκου Κοζάνης οδήγησε σε αλλαγές στις ιδιότητες των πρωτεϊνών στο ψωμί. Σε μια μελέτη αναφέρεται πως όταν, ενσωματώθηκε σκόνη λούπινου σε ζύμη, η γλουτένη διαλύθηκε, αυτό συνέβη γιατί οι πρωτεΐνες της γλουτένης αντικαταστάθηκαν από τις φυτικές πρωτεΐνες, οι οποίες είχαν διαφορετική συμπεριφορά (Paraskevoulou et al., 2010).

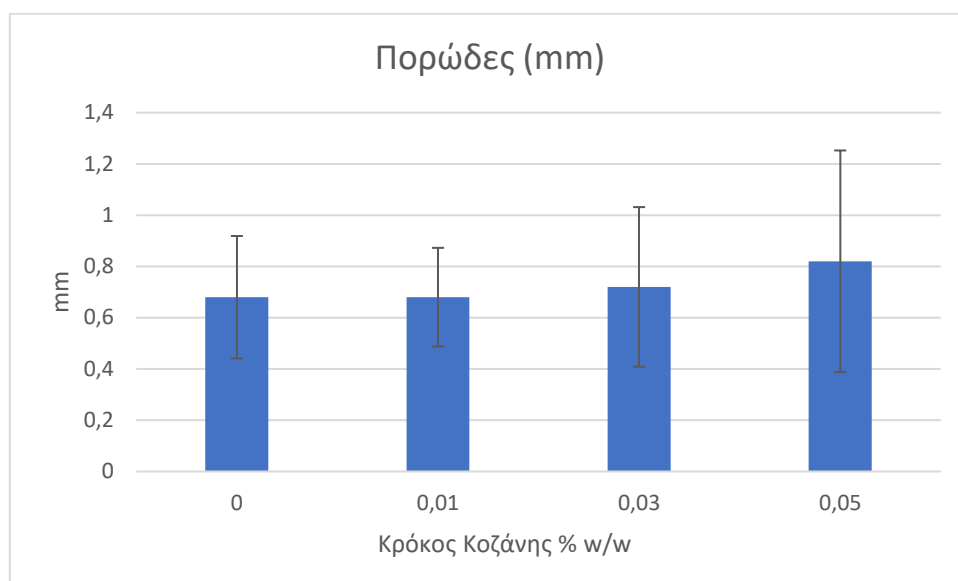
### 4.3. Μελέτη όγκου



Διάγραμμα 8: Μέτρηση του όγκου των τεσσάρων ψωμιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Η ποιότητα ψησίματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ο όγκος, αποτελεί την σημαντικότερη παράμετρο για να αξιολογηθεί η ποιότητα του ψωμιού (Kasprzak and Rzedzicki, 2010). Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται, πως στο ψωμί με περιεκτικότητα 0,01% w/w κρόκου Κοζάνης, ο όγκος μειώθηκε σε σχέση με το 0% w/w. Ενώ με την προσθήκη 0,03% w/w κρόκου Κοζάνης, ο όγκος αυξήθηκε κατακόρυφα. Όταν προστέθηκαν 0,05% w/w ο όγκος ελαττώθηκε σε σχέση με το 0,03% w/w. Διαπιστώθηκε επίσης και με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με τον συντελεστή p-value, πως οι τιμές του control (0% w/w) διέφεραν από τις υπόλοιπες τιμές, καθώς και οι τιμές των υπολοίπων συγκεντρώσεων διέφεραν μεταξύ τους. Η μέγιστη τιμή του όγκου, αφορούσε το ψωμί, το οποίο είχε περιεκτικότητα 0,03% w/w κρόκου Κοζάνης.

#### 4.4. Πορώδες



Διάγραμμα 9: Μέτρηση του πορώδες των τεσσάρων ψωμιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Όπως παρατηρείται και στο διάγραμμα, καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα του κρόκου Κοζάνης, το πορώδες δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Μια μικρή αύξηση εντοπίζεται στο ψωμί με περιεκτικότητα 0,03% w/w και 0,05% w/w. Μελετώντας τον συντελεστή σημαντικότητας, οι περιεκτικότητες 0% w/w, 0,01% w/w, δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους, με συντελεστή  $P > 0,05$ . Τα ψωμιά με περιεκτικότητες 0,03% w/w και 0,05% w/w κρόκου Κοζάνης διαφέρουν με όλα τα υπόλοιπα ψωμιά.

Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν το πορώδες της φέτας από κάθε ψωμί με διαφορετική περιεκτικότητα σκόνης κρόκου Κοζάνης.



Εικόνα 13: Απεικόνιση πορώδης σε φέτα 1 cm. Δείγμα control.



Εικόνα 14: Απεικόνιση πορώδης σε φέτα 1cm. Δείγμα περιεκτικότητας σκόνης κρόκου Κοζάνης 0,01% w/w.

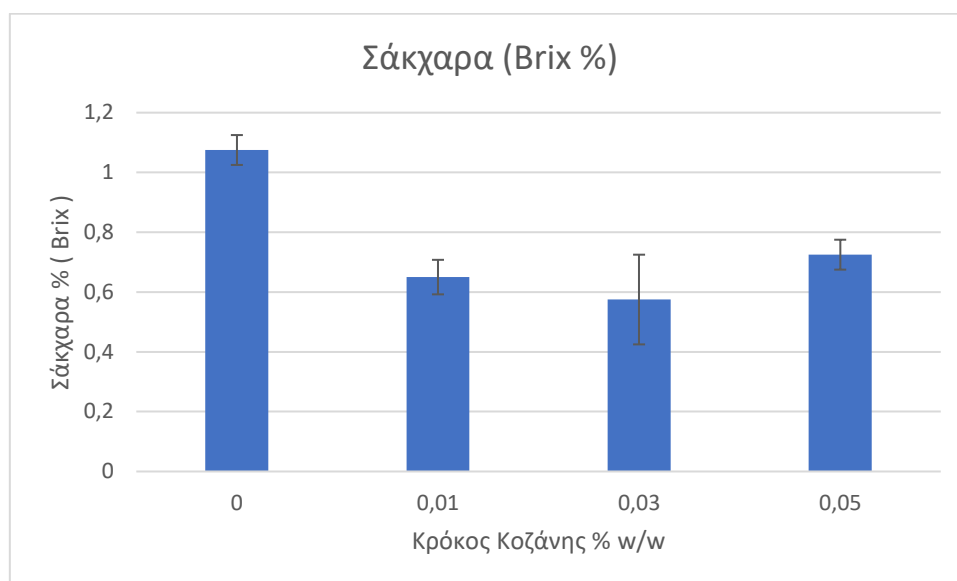


Εικόνα 15 : Απεικόνιση πορώδης σε φέτα 1cm. Δείγμα περιεκτικότητας σκόνης κρόκου Κοζάνης 0,03% w/w.



Εικόνα 16 : Απεικόνιση πορώδης σε φέτα 1cm. Δείγμα περιεκτικότητας σκόνης κρόκου Κοζάνης 0,05% w/w.

#### 4.5. Μελέτη των σακχάρων



Διάγραμμα 10: Μέτρηση των σακχάρων των τεσσάρων ψωμιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σκόνης κρόκου Κοζάνης.

Στο διάγραμμα παρατηρείται ότι στο ψωμί με 0% w/w περιεκτικότητα σε κρόκο Κοζάνης, η συγκέντρωση των σακχάρων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα ψωμιά. Τα ψωμιά με περιεκτικότητες 0,01% w/w και 0,05% w/w, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τιμές  $P < 0,05$ . Μάλιστα αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στο ψωμί με περιεκτικότητα 0,03% w/w έχει το χαμηλότερο ποσοστό σακχάρων σε σχέση με τα υπόλοιπα ψωμιά. Όταν αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε 0,05 % w/w παρατηρήθηκε μικρή αύξηση στην συγκέντρωση των σακχάρων.



## Συμπεράσματα

Απο την ερευνητική εργασία καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Στο ψωμί με περιεκτικότητα 0,01% w/w, η προσθήκη σκόνης κρόκου Κοζάνης, οδήγησε σε αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Συγκεκριμένα στις μετρήσεις χρώματος, οι τιμές της φωτεινότητας ( $L^*$ ) στην ψίχα και στην κρούστα μειώθηκαν σε σχέση με το control (0% w/w). Οι τιμές ( $a^*$ ) στην ψίχα και στην κρούστα αυξήθηκαν σε σχέση με το control όπως και οι τιμές ( $b^*$ ), όπου παρατηρήθηκε αύξηση. Οι μεταβολές που αναφέρθηκαν στην ψίχα, οφείλονται στην χρωστική των στιγμάτων του κρόκου Κοζάνης, η οποία όταν διαλύθηκε στο νερό, κατά την διαδικασία παρασκευής του ψωμιού, προσέδωσε κίτρινο χρώμα στο ψωμί. Επιπλέον, οι μεταβολές στην κρούστα οφείλονται, και στην δράση της κροκίνης αλλά και στις αντιδράσεις Maillard, που καθιστούν το χρώμα της κρούστας πιο σκούρο. Στις μετρήσεις της δομής, παρατηρήθηκε μείωση στην τιμή της σκληρότητας της ψίχας σε σχέση με το control, όπως αυτό συνέβη και στην μέτρηση του όγκου, όπου η περιεκτικότητα 0,01% w/w είχε μικρότερη τιμή σε σχέση με το control. Το πορώδες δεν μεταβλήθηκε με την προσθήκη του κρόκου Κοζάνης αλλά η τιμή των σακχάρων επηρεάστηκε και μάλιστα μειώθηκε σε σχέση με το control. Η προσθήκη κρόκου Κοζάνης περιεκτικότητας 0,01% w/w, οδήγησε στην παραγωγή ψωμιού με μικρότερη τιμή σκληρότητας και μικρότερο όγκο, σε σχέση με τα υπόλοιπα ψωμιά που παρήχθησαν.
- Με την προσθήκη 0,03% w/w κρόκου Κοζάνης, παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον, σε ότι αφορά τις αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Συγκεκριμένα, οι τιμές της φωτεινότητας ( $L^*$ ) της ψίχας και της κρούστας μειώθηκαν σε σχέση με το control, αλλά σε σχέση με την περιεκτικότητα 0,01% w/w δεν παρουσίασαν ιδιαίτερη στατιστική διαφορά.

Οι τιμές ( $a^*$ ) και ( $b^*$ ), στην ψίχα και στην κρούστα αυξήθηκαν σε σχέση με το control, όμως συγκριτικά με την περιεκτικότητα 0,01% w/w οι τιμές ( $a^*$ ) και ( $b^*$ ), της ψίχας διέφεραν σημαντικά, ενώ οι τιμές ( $a^*$ ) και ( $b^*$ ), της κρούστας σε σχέση με το 0,01% δεν διέφεραν σημαντικά. Διαφορές εντοπίστηκαν και στην δομή, με την προσθήκη 0,03% w/w να οδηγεί στην μεγαλύτερη τιμή της σκληρότητας της ψίχας με τιμή 2,5 φορές μεγαλύτερη της τιμής του control (0% w/w). Με την προσθήκη 0,03% w/w ο όγκος αυξήθηκε κατακόρυφα σε σχέση με το control αλλά και με το 0,01% w/w. Το πορώδες σ' αυτή την περίπτωση μεταβλήθηκε σε σχέση με το control και το 0,01% w/w. Τα σάκχαρα μειώθηκαν περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη περιεκτικότητα κρόκου Κοζάνης. Η προσθήκη 0,03% w/w κρόκου Κοζάνης είχε την μεγαλύτερη τιμή σκληρότητας, την μεγαλύτερη τιμή όγκου, καθώς και την μικρότερη τιμή σακχάρων από όλα τα υπόλοιπα δείγματα ψωμιού.

- Τέλος, η προσθήκη 0,05% w/w κρόκου Κοζάνης οδήγησε και αυτή με την σειρά της σε μεταβολές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Οι τιμές της φωτεινότητας ( $L^*$ ) στην ψίχα και στην κρούστα παρουσίασαν την μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με το control 0% w/w αλλά και σε σχέση με τις περιεκτικότητες 0,01% w/w και 0,03% w/w. Σε ότι αφορά τις τιμές ( $a^*$ ) και ( $b^*$ ) της ψίχας παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες περιεκτικότητες, ενώ στις τιμές ( $a^*$ ) και ( $b^*$ ) της κρούστας υπήρξε αύξηση σε σχέση με το control, αλλά όλες οι υπόλοιπες περιεκτικότητες δεν διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά. Μεταβολές εντοπίστηκαν και στην δομή, όπου η σκληρότητα της ψίχας αυξήθηκε σε σχέση με το control και το 0,01% w/w, αλλά μειώθηκε σε σχέση με την περιεκτικότητα 0,03% w/w. Ο όγκος αυξήθηκε σε σχέση με το control (0% w/w) και με την περιεκτικότητα 0,01% w/w αλλά σε σχέση με το 0,03% w/w μειώθηκε. Στο πορώδες παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες περιεκτικότητες 0% w/w, 0,01% w/w και 0,03% w/w. Τέλος στην μελέτη των σακχάρων υπήρξε μείωση σε σχέση με το control, ενώ υπήρξε αύξηση σε σχέση με τις περιεκτικότητες 0,01% w/w και 0,03% w/w.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Abdullaer F.I., 2002. Cancer Chemopreventive and Tumoricidal Properties of Saffron (*Crocus sativus* L.). Experimental Biology and Medicine, 227:20-25.
- Ahmadpanah M., Fatemeh R., Ghaleiha A., Shahin A., Sadeghi D., Bahmani B., 2019. *Crocus sativus* L. (saffron) versus sertraline on symptoms of depression among older people with major depressive disorders –a double-blind, randomized intervention study. Psychiatry Research, 282:112613
- Alonso G.L., Varan R., Gomez R., Navarro F., Salinas M.R., 1990. Autooxidation in saffron at 40 °C and 75% relative humidity. Journal of Food Science, 55(2):595-596
- Amin B., Hosseinzadeh H., 2015. Chapter 33- Analgesic and Anti-Inflammatory Effects of *Crocus sativus* L. (Saffron). Bioactive Nutraceuticals and Dietary Supplements in Neurological and Brain Disease. Academic Press, 319-324.
- Assis R., Andrade K., Batista L., Rios A., Dias D., Ndiaye E., Souza E., 2019. Characterization of mutamba (*Guazuma ulmifolia* LAM.) fruit flour and development of bread. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 19:101120
- Azizbekova N. and Milyaeva E., 2006. Saffron Cultivation in Azerbaijan. Plant Science Department. University of British Columbia, Main Hall. Canada. (Εικόνα 3.).
- Bolarinwa I., Aruna T., Raji A., 2019. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(2):195-200.
- Bredariol P, Spatti M, Vanin F., 2019. Different baking conditions may produce breads with similar physical qualities but unique starch gelatinization behavior. LTW, 111:737-743.

- Carmona Delgado M., Zalacain Aramburu A., Alonso Diaz- Marta G.L. 2006. The chemical composition of saffron: color, taste and aroma. Editorial Bomarzo. Albacete, Spain.
- Castellar M. R., Montijano H., Manjón A., Iborra J.L., 1993. Preparative high-performance liquid chromatographic purification of saffron secondary metabolites. *Journal of Chromatography A.*, 648(1):187-190.
- Cauvain, S.P. and Young, L.S., 2006. *The Chorleywood Bread Process*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
- Delcour J. A., Bruneel C., Derde L. J. Gomand, S. V., Pareyt B., Putseys J.A., Lamberts L. 2010. Fate of starch in food processing: From raw materials to final food products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1:87–111.
- Deo B., 2003. Growing saffron – The World’s Most Expensive Spice, Crop and Food Research, New Zealand Institute for Crop and Food Research, 20:1.
- Dewettinck K., Van Bockstaele, F., Kóhne B., Van de Walle D., Courtens, T. M., & Gellynck X., 2008. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48(2): 243–257.
- Farrell R.J., Kelly C.P., 2002. Celiac sprue. *N Engl. J Med*, 346:180–188.
- Fasano A., Berti I., Gerarduzzi T., Not T., Colletti R.B., Drago S., Elitsur Y. et al., 2003. Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. *Arch Intern Med*, 163:286–92.
- Feilli R., 2012. Study of chemical and microbiological properties of saffron dehydrated by using solar drying system. *International Journal of Renewable Research*, 2(4):627-630 (Εικόνα 2.)
- Fernandez-Albarral J., De Hoz R., Ramirez A., Lopez-Cuenca I., Salobar-Garcia E., Pinazo-Duran M., Ramirez J., Salazar j., 2020. Beneficial effects of saffron (*Crocus sativus* L.) in ocular pathologies, particularly neurodegenerative retinal diseases. *Neural Regen Res.*,15(8):1408–1416.
- Gadd C.J., 1971. The dynasty of Agade and Gutian invasion. *Cambridge Ancient History*, I:417

- Goesaert, H., Brijs W.S., Veraverbeke C.M., Gerbruers K., Delcour J.A., 2005. Wheat flour constituents: How they impact quality, and how to impact their functionality. *Trends Food Sci. Technol*, 16:12–30.
- Gujar H. S., Rosell C.M., 2004. Functionality of rice flour modified with a microbial 410 transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 39: 225-230.
- Hagman A., Säll T., Compagno C., & Piskur J., 2013. Yeast Make accumulate-consume life strategy evolved as a multi-step process that predates the whole genome duplication. *PLOS One*, 8:68-734.
- Heel D, West J. 2006. “Recent advances in coeliac disease” *Gut*, 55 (7):1037-46.
- Hobsbawm J. E., 1996. The age of revolution. Europe 1789-1848. Vintage books, New York.
- Hosseinzadeh H., Ziaee T., Sadeghi A., 2008. The effect of saffron, *Crocus sativus* stigma, extract and its constituents, safranal and crocin on sexual behaviors in normal male rats. *Phytomedicine*, 15(6-7):491-495.
- Hui, Y.H., 2004. Handbook of Vegetables preservation and processing. (eds, Taylor and Francis Group), CRC Press, New York. pp.180.
- Iborra, J., Castellar R., Canovas M., Manjon A., 1992. TLC preparative purification of Picrocrocin, HTCC and Crocin from Saffron. *Journal of Food Science*, 57:714–731.
- Irhamna A., Ilham U., Hardianto T., 2018. Preliminary investigation on the starch potential as natural binder in the hot binderless briquetting process of torrefied municipal solid waste. *AIP Conference Proceedings*. Published Online (Eikóna 8.).
- Jakubczyk A., Swieca M., Dziki U., Dziki D., 2018. Nutritional potential and inhibitory activity of bread fortified with green coffee beans against enzymes involved in metabolic syndrome pathogenesis. *LWT*, 95:78-84.
- Kasprzak M. and Rzedzicki Z., 2010. Effect of pea seed coat admixture on physical properties and chemical composition of bread. *Int. Agrophys.*, 24:149-156.

- Khorasanchi Z., Shafiee M., Kermanshahi F., Khazaei M., Ryzhikov M., Parizadeh M., Kermanshahi B., Fems G., Avan A., 2018. Crocus sativus a natural food coloring and flavoring has potent anti- tumor properties. *Phytomedicine*, 43:21-27.
- Kokawa M., Fujita K., Sugiyama J. et al., 2012. Quantification of the distributions of gluten, starch and air bubbles in dough at different mixing stages by fluorescence fingerprint imaging. *Journal of Cereal Science*, 55:15– 21.
- Lachaud Christian Michel, 2012. La Bible du safranier. Tout savoir sur le crocus sativus et sur le safran, C. M. Lachaud, France, pp.64.
- Lebwohl B., Cao Y., Zong G., Hu F.B., Green PHR, Neugut AI., Rimm EB., Sampson L., Dougherty L., Giovannucci E., Willett WC., Sun Q., Chan AT., 2017. Long term gluten consumption in adults without celiac disease and risk of coronary heart disease: prospective cohort study. *THE BMJ*. (Πρόσβαση 21/3/21)
- Loskutov A., Beninger C., Hosfied G., Sink K., 2000. Development of an improved procedure for extraction and quantification of safranal in stigmas of *Crocus sativus* L. using high performance liquid chromatography, *Food Chem.*, 69:87– 95.
- Mikulec A., Kowalski S., Sabat R., Skoczylas L., Tabaszewska M., Gurgul A., 2019. Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *LWT*, 102:164-172.
- Negbi M., 2006. Saffron *Crocus Sativus*. Faculty of Agriculture, Food and Environmental Quality Sciences. The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel.
- Nemati Z., Blattner F. R., Kerndorff, H. Osman E., Harke D., 2018. Phylogeny of the saffron-crocus species group, *Crocus* series *Crocus* (Iridaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127:891-897.
- Neyrinck M., Hee V.F., Piront N., Backer F., Toussaint O., Cani P.D., Delzenne N.M., 2012. Wheat-derived arabinoxylan oligosaccharides with prebiotic effect increase satietogenic gut peptides and reduce metabolic endotoxemia in diet-induced obese mice. *Nutr. Diabetes*, 2(1):28.

- Ordoudi S.A., Tsimidou Z.M., 2004. Saffron Quality: Effect of agricultural practices, processing and storage. In Productional Quality Assessment of Food Crops. (eds. Ramdane D. and Mohan J.), Springer, the Netherlands, pp 209-260.
- Papadakis E.S. and Yam L.K (2000). A Versatile Inexpensive Technique for Measuring Color of Foods, Food Technology, vol. 54, No. 12.
- Paraskevopoulou, A., Provatidou, E., Tsotsiou, D., & Kiosseoglou V. 2010. Dough rheology and baking performance of wheat flour– lupin protein isolate blends. Food Research International, 43:1009–1016.
- Perez-Locas C. Yaylayan V.A., 2010. The Maillard reaction and food quality deterioration. Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages (eds. Skibsted L.H., Risbo J., Andersen M.L.), Woodhead Publishing Ltd, Canada, pp.70-94.
- Popova T., 2016. Bread remains in archaeological contexts. Southeast Europe and Anatolia in Prehistory. Essays in Honor of Vassil Nikolov on his 65th Anniversary, (eds Bacvarov K., Gleser R.), Habelt V, Bonn, pp. 519–526.
- Pourmasoumi M., Hadi A., Najafgholizadeh A., Kafeshani M., Sahebkar A., 2019. Clinical evidence on the effects of saffron (*Crocus sativus* L.) on cardiovascular risk factors: A systematic review meta – analysis. Pharmacological Research, 139:348-359.
- Runjer J., Socha J., Syczewska M., Wojtasik A., Kunachowicz H., Stolarczyk A., 2004. Magnesium status in children and adolescents with coeliac disease without malabsorption symptoms. Clin. Nutr., 23(5): 1074-9
- Samarghandian S., Nezhad M., Farkhondeh T., 2017. Immunomodulatory and antioxidant effects of saffron aqueous extract (*Crocus sativus* L.) on streptozotocin-induced diabetes in rats. Indian Heart Journal, 69 (2):151-159.
- Saxena R.B., 2016. Botany, Taxonomy and Cytology of *Crocus sativus* series, 31(3):374.

- Shewry P.R., Halford N. G., Belton P.S., Tatham A.S., 2002. The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, (357-418):133-142.
- Stear C.A. 1990. *Handbook of Breadmaking Technology*. Barking Elsevier Science publishers Ltd, United Kingdom.
- Sujata V., Ravishankar G.A., Venkataraman.,1992. Methods for the analysis of the saffron metabolites crocin, crocetins, picrocrocin and safranal for the determination of the quality of the spice using thin-layer chromatography, high-performance liquid chromatography and gas chromatography. *Journal of Chromatography A.*, (1–2):497-502.
- Tabeshpour J., Sobhani F., Sadjadi S., Hosseinzadeh H., Mohajeri S., Rajabi O., Taherzadeh Z., Eslami S., 2017. A double-blind, randomized, placebo-controlled trial of saffron stigma (*Crocus sativus* L.) in mothers suffering from mild-to-moderate postpartum depression. *Phytomedicine*, 36:145-152.
- Tamegart L., Abbaoui A., Makbal R., Zroudi M., Bouizgarne B., Bouyatas M., Gamrani., 2019. *Crocus sativus* restores dopaminergic and noradrenergic damages induced by lead in *Meriones shawi*: A possible link with Parkinson's disease. *Acta Histochemica*, 121:171-181.
- Tarantilis P. A., Polissiou M., Manfait M. 1994. Separation of picrocrocin, cistranscrocin and safranal of saffron using high-performance liquid chromatography with photodiodearray detection. *Journal of Chromatography A*, 664:55–61.
- Tarantilis P.A., Polissiou M., Manfait M. 1994. The structure of dimethylcrocetin. *Journal of chemical Crystallography*, 24:739-742.
- Tarantilis P.A. and Polissiou M.,1997. Isolation and identification of the Aroma Components from saffron (*Crocus sativus* L.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:459-462.
- Tojo, R., Suarez A., Clemente G.M., Reyes-Gavilan C., Margolles A., Gueimonde M., Ruas-Madiedo P., 2014. Intestinal microbiota in health and disease: role of bifidobacteria in gut homeostasis. *World J Gastroenterol*, 41:15163-76.



- Tribuzi R., Crispoltoni L., Chiurchiu V., Casella A., Montalcini C., et al, 2017. Trans -crocetin improves amyloid - $\beta$  degradation monocytes from Alzheimer's Disease patients. *Journal of the Neurological Science*, 372: 408-412.
- Tsimidou M., Biliaderis C.G., 1997. Kinetic studies of saffron (*Crocus sativus* L.) quality deterioration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8):2890-2898.
- Wahlby, U., & Skjoldebrand, C. 2002. Reheating characteristics of crust formed on buns, and crust formation. *Journal of Food Engineering*, 53(2):177-184.
- Wieser H., 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Sourdough, 24(2):115-119.
- Willard P. 2002. Secrets of saffron. The Vagabond life of the world's most seductive spice. Beacon Press, pp. 70.
- Yaribeygi H., Sahraei H., Mohammadi A., Meftahi G., 2014. Saffron (*Crocus sativus* L.) and morphine dependence: A systematic review article. *American Journal of Biology and Life Sciences*, 2(2): 41-45.

#### **Ελληνική Βιβλιογραφία:**

- Ανδρικόπουλος Ν. Κ., 2010. Ανάλυση Τροφίμων, Θεωρία Μεθοδολογίας-Οργανολογίας και Εργαστηριακές Ασκήσεις, Εκδόσεις Μπιστικέα, Αθήνα.
- Βουτσινά Ε. Λ., 2004. Κρόκος–Σαφράν. Έκδοση Αναγκαστικού Συνεταιρισμού Κροκοπαραγωγών Κοζάνης.
- Καρα Θ., 2015. Επίδραση της κοκκομετρίας χαρουπάλεου στις θερμορεολογικές ιδιότητες εναιωρημάτων με ρυζάλευρο και στις φυσικές ιδιότητες αρτοσκευασμάτων ελευθέρων γλουτένης. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.
- Καρασταμάτη Π., 2014. Επίδραση μεθόδων τεχνητής γήρανσης στο προφίλ των δευτερογενών μεταβολιτών του saffron. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Τροφίμων, Βιοτεχνολογίας και Ανάπτυξης. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.

- Κεφαλάς Π., 2009. Τρόφιμα από σιτηρά: Χημεία, Βιοχημεία, Τεχνολογία, Εκδόσεις Αγris-Σάββας Δ. Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.
- Κουτσός Θ., 2006. Αρωματικά και Φαρμακευτικά φυτά. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Μποσδίκος Δ., 2005. Από Το Σιτάρι Στο Ψωμί, Τεχνολογία Αρτοποιήσης. Ειδικές Εκδόσεις, Αθήνα.
- Μπόσκος Δ., 2004. Χημεία Τροφίμων. Πέμπτη Έκδοση, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Παπανικολάου Κ.. 2005. Συμβατική και βιολογική καλλιέργεια του κρόκου στην περιοχή Κοζάνης. Πτυχιακή διατριβή, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος.
- Πουκεβίλ Φ., 1809. Ταξίδι Στην Δυτική Μακεδονία. Μετάφραση Τσάρας Γιάννης, 2011. Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Σταμπόλη Ε. Α., 2011. Επίδραση των καιρικών συνθηκών κατά την διάρκεια της συγκομιδής στις ποιοτικές παραμέτρους του Saffron κατά ISO 3632. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Θετικές επιστήμες στην Γεωπονία Μελέτη και αξιοποίηση φυσικών πόρων. Γενικό τμήμα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Αθήνα
- Ταραντίλης Π., Δαραφέρα Δ., 2004. Ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρόκου (Saffron ή Safran) της Κοζάνης. Κρόκος-Σαφράν. Έκδοση Αναγκαστικού Συνεταιρισμού Κροκοπαραγωγών Κοζάνης.
- Τσιμίδου Μ., 1997. Μελέτη της επίδρασης των συνθηκών ξήρανσης και αποθήκευσης στην ολική ποιότητα του ελληνικού κρόκου. Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Τριμήνου Εργασίας «Φαρμακευτικά και Αρωματικά φυτά». Πολιτιστικό Τεχνολογικό Ίδρυμα ΕΤΒΑ, Κύπρος.
- Χατζοπούλου Κ., 2017. Παραγωγή και Μεταποίηση του κρόκου Κοζάνης. Προοπτικές ανάπτυξης της καλλιέργειας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τμήμα Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- Ψιλάκη Ν., 2007. Το Ψωμί και τα Γλυκίσματα των Ελλήνων. Εκδόσεις Καρμανώρ, Ηράκλειο.